Zeitschrift: Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden = Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université

Herausgeber: Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden

Band: 37 (2011)

Heft: 1

Artikel: Auf Rekordsuche in der Welt der Chemie

Autor: Lauz, Miriam / Eckhardt, Sonja

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-893911

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Auf Rekordsuche in der Welt der Chemie

Sonja Eckhardt* und Miriam Lauz**

Das grosse Interesse der Menschheit an Rekorden schlägt sich im immensen Erfolg des Guinness-Buchs der Rekorde nieder, dem meistverkauften Buch der Welt im Rahmen der Copyright-geschützten Veröffentlichungen.[1] Getreu dem olympischen Motto «höher, schneller und weiter» begeben wir uns nun auf Rekordsuche in der Welt der Chemie.

1. Rekorde unter den Elementen: Von Schmuckstücken, Toxinen und Glühbirnen

Etwa 80% der chemischen Elemente sind Metalle, daher ist es nicht weiter verwunderlich, dass sie als Rekordhalter in den verschiedensten Kategorien zu finden sind. So besitzt beispielsweise das uns vielmals als Schmuck und Geldanlage bekannte Gold die grösste Dehnbarkeit aller Metalle.[2] Ein Gramm Gold lässt sich mit einer Dicke von 100 nm auf eine Fläche von sage und schreibe einem halben Quadratmeter auswalzen. Diese Dicke entspricht in etwa einem Zehntel der Wellenlänge des roten Lichts, so dass durchscheinendes Licht blaugrün erscheint. Von Gold mit einer Mohs-Härte von 2.5–3 als vergleichsweise weichem Material nun zum härtesten Vertreter, dem Diamant.[3] Diese besonders bei Frauen beliebte Modifikation des Kohlenstoffs besitzt eine Mohs-Härte von 10 und gilt damit als härtestes Mineral. Diese Härte macht man sich u.a. bei der Beschichtung von Trennscheiben mit Diamanten zu Nutze, um beispielsweise Beton oder Mauerwerk zu Leibe zu rücken. Faszinierender Weise ist eine weitere Modifikation des Kohlenstoffs, Graphit, mit einer Mohs-Härte von 0.5 der weichste Vertreter unter den Elementen.[3] Ein einziges Element gilt somit gleichzeitig als härtester und weichster Stellvertreter seiner Klasse. Da ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass es sich bei diesem Element um das chemisch Vielfältigste handelt. Es weist die grösste Anzahl chemischer Verbindungen auf, welche die molekulare Grundlage allen irdischen Lebens bilden.[4]

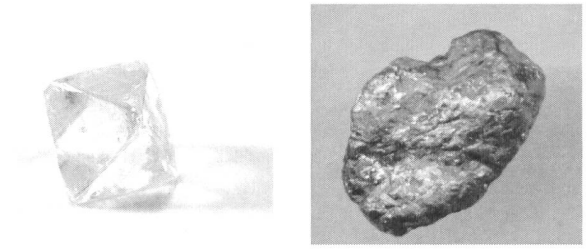

Abb. 1: Das Element Kohlenstoff stellt in seinen zwei Modifikationen Diamant (links)[5] und Graphit (rechts) gleichzeitig den Rekord für das härteste und das weichste Mineral auf.

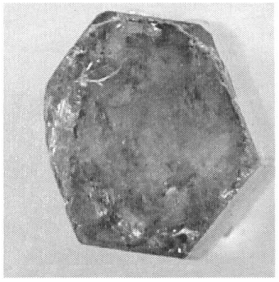

Abb. 2: Unter der Zusammensetzung $Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$ ist Beryllium als Smaragd ein begehrter Schmuckstein. In seiner Reinform gilt Beryllium jedoch als das giftigste nichtradioaktive Element.

Ein weiterer Meister an Vielseitigkeit ist das Element Zinn, bei dem mit 10 die grösste Anzahl stabiler Isotope gefunden wurde.[4] Diese unterscheiden sich lediglich in der Anzahl an Neutronen im Atomkern und besitzen somit unterschiedliche Massenzahlen. Wie der Name Isotop, der sich aus den griechischen Wörtern *ísos* «gleich» und *tópos* «Ort, Stelle» zusammensetzt, verrät, befinden sich die Isotope eines und desselben Elements im Periodensystem am gleichen Ort. Völlig isotopenfrei hingegen kommen in der Natur 22 sogenannte Reinelemente vor, unter ihnen das Beryllium. Dies ist das giftigste der nicht radioaktiven Elemente.[4,6]

1 C. Glenday, Guinness World Records 2010, *Guinness World Records*, London, **2009.**
2 A. Rudolph, *Die edlen Metalle und Schmucksteine*, Tragmann, Breslau, **1859.**
3 D. C. Weast, *CCR Handbook of Chemistry and Physics*, 67. Auflage, CRC Press Inc., Boca Raton, **1986.**

4 A. F. Hollemann, N. Wiberg, *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, 101. Auflage, de Gruyter, Berlin, New York, **1995.**
5 Diamant: Rob Lavinsky, iRocks.com – CC-BY-SA-3.0
6 O. Kumberger, *H. Schmidbauer Chemie in unserer Zeit* **1993**, 27, 310–316.

*, ** Universität Fribourg, Departement Chemie, Chemin du Musée 9, 1700 Fribourg.

E-mail : *Sonja.Eckhardt@unifr.ch*
Miriam.Lauz@unifr.ch

Sonja Eckhardt, Dr. rer. nat., hat Chemie an der Philipps-Universität Marburg studiert und dieses Studium 2009 mit einem Doktorat in Bioorganischer Chemie in der Gruppe von Prof. Dr. Armin Geyer abgeschlossen. An der Universität Fribourg ist sie seit Oktober 2009 als Postdoktorandin in den Gruppen von Prof. Dr. Katharina M. Fromm und Prof. Dr. Bernd Giese tätig.

Miriam Lauz, Dr. rer. nat., hat an der Philipps-Universität Marburg Chemie studiert und dieses Studium dort 2009 mit einem Doktorat in der Gruppe von Prof. Dr. Armin Geyer abgeschlossen. Seit Oktober 2009 ist sie als Postdoktorandin in den Gruppen von Prof. Dr. Bernd Giese und Prof. Dr. Katharina M. Fromm an der Universität Fribourg tätig.

Gefährlich sind vor allem seine Stäube und Dämpfe, die zu irreversiblen Lungenschäden durch die Bildung von Tumoren führen. Seinen Namen verdankt der toxische Spitzenreiter im Übrigen dem Mineral Beryll, einem berylliumhaltigen Schmuckstein, uns besser bekannt als Smaragd.[4]

Zwei weiteren metallischen Spitzenreitern verdankt die Firma Osram ihren Namen, Osmium und Wolfram. Osram ist mit einer Dichte von 22.59 g/cm³ der schwerste Feststoff unter den Elementen, (Lithium ist mit einer Dichte von lediglich 0.53 g/cm³ das leichteste).[4] Bei Wolfram, dem zweitem namensgebenden Element, handelt es sich um das Metall mit dem höchsten Schmelzpunkt. Es schmilzt bei 3410°C.[4] Mit einem Schmelzpunkt von 3823°C besitzt Kohlenstoff den höchsten Schmelzpunkt aller Elemente, wohingegen Helium mit −272.2°C den niedrigsten besitzt. [4]

Neon, das edelste aller Elemente, von dem bislang keine Verbindungen bekannt sind, ist lediglich in einem Bereich von −248.6 bis −246.3°C flüssig.[7] Das andere Extrem lässt sich beim Element Neptunium finden, welches auf der Erde nicht natürlich vorkommt, sondern bei der Energiegewinnung in Kernreaktoren entsteht. Mit einem Schmelzpunkt von 640°C und einem Siedepunkt von 3902°C ergibt sich ein immenser Flüssigkeitsbereich.[3]

Die Gewinnung von Reinelementen ist besonders bei den Aktinoiden sehr aufwändig. So waren beispielsweise bei der Erstgewinnung des Elements Lutetium im Jahre 1905 sage und schreibe 15000 konsekutive Kristallisationen nötig, um reines Lutetium in den Händen halten zu können. Neben den aus diesem Grund sehr teuren Actinoiden und Lanthanoiden handelt es sich beim Rhodium um das teuerste Edelmetall, da es zum einen das seltenste Metall ist und zum anderen eine Vielzahl industrieller Anwendungen, wie beispielsweise Fahrzeugkatalysatoren, besitzt. Im Jahr 2010 betrug der Preis für 1 g etwa 84 USD. Damit nun von den Elementen zu einigen Ihrer Verbindungen:

2. Rekorde aus der Welt der Materialien: von Teflon, Titan und der NASA

Das Phänomen der Reibung betrifft uns in den unterschiedlichsten Situationen. Egal ob zwei Gegenstände aufeinander liegen, gleiten oder rollen, tritt die sogenannte Reibung in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der jeweiligen Oberflächen auf. Beispielsweise erhöhen wir im Winter die Reibung durch das Aufbringen von Sand auf Eis, damit unsere Schuhe besser haften. Ein Material, das den geringsten Reibungskoeffizienten aller Festkörper besitzt, ist Polyfluorotetraethylen PTFE, ein Polymer, besser bekannt unter dem Namen Teflon. Es besitzt ebenso wenig Reibung wie nasses Eis auf nassem Eis sowie eine extreme thermische und chemische Stabilität und wird deswegen u.a. für besonders hochwertige Dichtungen verwendet.[8] Ein weiterer Rekordhalter sind Titanlegierungen. Sie besitzen unter den metallischen Werkstoffen mit über 25 km die grösste Reisslänge. Darunter versteht man jene Länge, bei der ein Draht dieses Werkstoffes auf Grund seines Eigengewichtes von seiner Aufhängung abreisst. Diese Kenngrösse ist vor allem dort von Bedeutung, wo grosse Trägheits- und Fliehkräfte angreifen, wie etwa bei Luftschrauben, Verdichterschaufeln oder Pleuelstangen.[9]

Der Rekordhalter unter den Rekordhaltern sind vermutlich die sogenannten Aerogele, halten sie doch selbst 15 Einträge im Guinness-Buch der Rekorde für Materialeigenschaften, inklusive «bester Isolator» und «leichtester Feststoff» bzw. Feststoff mit der geringsten Dichte (1.9 mg/cm³).[1] Dabei handelt es sich um hochporöse, auf Silikaten basierende Materialien, die zu etwa 99.8% aus Poren bestehen. Diese schwammartige Struktur wurde beispielsweise in der Raumfahrt als Auffangmatrix für kleinste Staubpartikel genutzt und es gelang mit ihrer Hilfe zum ersten Mal, unbeschadet Material eines Kometen zur Erde zu bringen. Des Weiteren werden Aerogele auf Grund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit als Dämmstoff verwendet. Von Wärmedämmung nun zu wirklich heissen Rekorden:

3. Heisse Rekorde: von Flammen und Chilis

Die heisseste Flamme lässt sich derzeit mit Dicyanoethin erzeugen, einer klaren, farblosen Flüssigkeit, deren Zusammensetzung lediglich aus Kohlenstoff und Stickstoff besteht. Erreicht man zum Vergleich mit einem handelsüblichen Streichholz Temperaturen von 800°C, mit dem Bunsenbrenner 900–1500°C und dem Schweissbrenner etwa 3000°C, lassen sich mit Dicyanoethin in reinem Sauerstoff Temperaturen um 5000°C erzielen (siehe Abb. 3).[10]

Dicyanoethin: bis 6000 °C

Abb. 3: Die heissesten Flammen lassen sich mit Dicyanoethin in Gegenwart von Ozon und bei einem Druck von 40 bar erzeugen.

7 E. Riedel *Anorganische Chemie*, 4. Auflage, deGruyter, Berlin, New York, **1999.**

8 a) S. K. Biswas, K. Vijayan *Wear* **1992**, 158, 193-211; b) W. G. Sawyer, K. D. Freudeuber, P. Bhimaraj, L. S. Schadler *Wear* **2003**, 254, 573-580.

9 G. Niemann, H. Winter, B.-R. Höhn *Maschinenelemente: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen*, Lagern, Wellen, 4. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, **2005.**

10 *http://www.chemie.de/lexikon/Dicyanoethin.html*, aufgerufen am 20.01.2011.

In Gegenwart von Ozon und bei einem Druck von 40 bar lassen sich sogar Flammentemperaturen von 6000°C erreichen. Diese Temperatur liegt etwa 500°C oberhalb der Oberflächentemperatur der Sonne.

Nicht nur in diesem Artikel sind «heiss» und «scharf» miteinander verwandt, denn auch in unserem Körper wird für beide Empfindungen der gleiche Rezeptor aktiviert. Die schärfste Verbindung ist das Capsaicin. Dieser würzige Inhaltsstoff schützt Paprika, Chilischote usw. vor Fressfeinden.

Angegeben wird die Schärfe einer Substanz in Scoville. Der Scoville-Wert (SCH) von 16 Mio. für Capsaici[11] bedeutet, das 16 Mio. Tropfen Wasser nötig sind, um die Schärfe eines Tropfens dieser Verbindung so weit zu neutralisieren, dass seine Schärfe nicht mehr wahrnehmbar ist, d.h unterhalb der Wahrnehmungsschwelle von ca. 16 SCH liegt. Um diesen Wert etwas besser einordnen zu können, folgen hier einige Werte zum Vergleich. Peperoni besitzen einen Schärfewert von 100–500 SCH, Tabasco-Sauce 2500–5000 SCH und handelsübliches Pfefferspray etwa 2 Mio. SCH. Als schärfste Chilisauce der Welt ist derzeit «The Source» mit 7.1 Mio. SCH im Handel erhältlich.

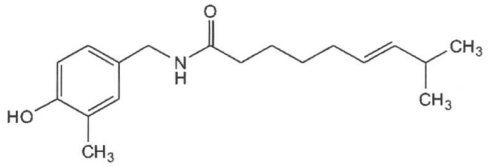

Abb. 4: Capsaicin gilt mit einer Schärfe von 16 Mio. SCH als die schärfste Verbindung und dient ihren Produzenten als Schutz vor Fressfeinden.

4. Chemische Rekorde aus der Natur: von Tödlichem und Übelriechendem

Eines der toxischsten von Menschenhand produzierten Gifte ist 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin, das unter dem Namen Seveso-Gift traurige Berühmtheit erlangte. Gemessen wird die Giftigkeit einer Substanz an ihrer letalen Dosis (LD). Beim LD_{50}-Wert handelt es sich somit um die Dosis, die auf die Hälfte der Population tödlich wirkt. Für 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin beträgt dieser Wert 22 µg pro Kilogramm Körpergewicht (Rattenmodell).[12] Einige von der Natur produzierten Gifte stellen die vom Menschen künstlich hergestellten Gifte jedoch weit in den Schatten.[13] Spitzenreiter sind dabei vor allem die von Bakterien produzierten Toxine wie beispielsweise das Nervengift Botulinumtoxin, besser bekannt unter dem Handelsnamen Botox. Bereits $3 \cdot 10^{-5}$ µg/kg des Gifts werden der Hälfte der Mauspopulation zum Verhängnis. Als eines der giftigsten Tiere gilt die Krustenanemone. Bereits 0.15 µg/kg ihres Giftes Palytoxin reichen aus, um die Hälfte der vergifteten Tiere zu töten. Palytoxin ist ein grosses, sehr komplexes Molekül mit einem langen polyhydroxylierten und teilweise ungesättigten aliphatischen Rückgrat mit 64 stereogenen Zentren. Der grüne Knollenblätterpilz mit seinen Amatoxinen und Phallotoxinen und einem LD_{50}-Wert von 100 µg/kg erscheint dagegen schon fast harmlos. In unseren Breitengraden geht die grösste Bedrohung für den Menschen jedoch von der Biene aus, da einige Menschen auf das von ihr injizierte Gift allergisch reagieren.

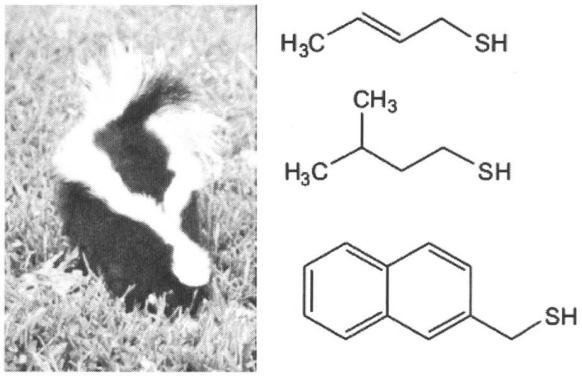

Abb. 5: Die Thiole gelten als die stinkendsten Verbindungen. Das Stinktier nutzt gleich drei von ihnen in seinem Drüsensekret.

Zwar ist umgangssprachlich noch keiner erstunken, belästigend ist übler Gestank jedoch allemal. Die übelriechendsten Substanzen findet man in der Substanzklasse der Thiole, deren Geruch als eine Mischung von faulem Kohl, Knoblauch, Zwiebeln und Kloakengas beschrieben wird.

Thiole macht sich nicht nur das Stinktier als Verteidigung zu Nutze,[14] sie werden auch dem ansonsten geruchlosen Erd- oder Campinggas beigemischt, um den typischen Gasgeruch zu erzeugen. So wurde beispielsweise im Jahr 2001 die Berner Altstadt aus Sicherheitsgründen wegen starken Gasgeruchs zeitweise gesperrt, weil in einem Stadtlabor an der Brunnengasse Mercaptan, welches typischerweise dem Erdgas zugesetzt wird, entwichen war und man zunächst ein Gasleck vermutete.[15]

11 J. D. Batchelor, B. T. Jones J. *Chem. Educ.* **2000**, 77, 266-267.

12 a) R. J. Kociba, D. G. Keyes, J. E. Beyer, R. M. Carreon, C. E. Wade, D. A. Dittenber, R. P. Kalnins, L. E. Frauson, C. N. Park, S. D. Barnard, R. A. Hummel and C. G. Humiston *Toxicology and Appl. Pharmacology* **1978,** 46, 279–303;
b) W. N. Piper, J. Q. Rose, P. J. Gehring *Environ. Health Perspect.* **1973,** 5, 241–244.

13 M. D. Gill *Microbiol. Rev.* **1982,** *46*, 86–94.

14 W. F. Wood, B. G. Sollers, G. A. Dragoo, J. W. Dragoo *J. Chem. Ecol.* **2002**, *28*, 1865–1870.

15 *http://www.news.ch/Gasgeruch+in+Berner+-Altstadt/29975/detail.htm*, aufgerufen am 20.01.2011.

5. Kuriositäten: von essbaren und eher schwer verdaulichen Kristallen

Zum guten Schluss noch zwei eher kuriose Vertreter aus der Welt der chemischen Rekorde: Den Einzug ins Guinness-Buch der Rekorde schaffte eine Chemielehrerin mit ihrer Klasse, die gemeinsam den grössten Kristall züchteten.[1] Was mit einem Körnchen an einem Bindfaden begann, endete nach mehr als 15 Monaten bei guter Pflege mit einem satte 16.5 kg schweren tiefblauen Kupfersulfat-Kristall. Dass Chemie nicht nur etwas ist, das Menschen in weissen Kitteln in einem Labor tun, sondern durchaus einen Nutzen für die Menschheit hat, zeigte auf humoristische Weise ein englischer Doktorand. Er unterbot im Jahr 2010 den Geschwindigkeitsrekord im Herstellen von Eiscreme um mehr als acht Sekunden. Einen Liter der kalten Leckerei stellte er in lediglich 10.34 Sekunden her. Dies gelang ihm mit Hilfe von flüssigem Stickstoff, der eine Temperatur von -198°C besitzt, sowie durch heftiges Rühren.[1]

Wer nun Appetit auf mehr hat, dem empfehlen die Autoren 1 Liter Milch, 2 Liter Sahne, jede Menge Flüssigstickstoff, Sossenpulver je nach persönlichem Geschmack und viel Spass bei der Jagd nach chemischen Rekorden. ■